

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09219427 A**

(43) Date of publication of application: 19 . 08 . 97

(51) Int. Cl.

**H01L 21/66**  
**G01N 23/225**  
**G01R 31/26**  
**G01R 31/302**  
**H01J 37/22**

(21) Application number: 09007989

(22) Date of filing: 20 . 01 . 97

(62) Division of application: 06210991

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor: **HOSOKI SHIGEYUKI**  
**ICHIHASHI MIKIO**  
**WADA YASUO**  
**MUNAKATA TADASUKE**  
**HONDA YUKIO**

(54) **ELECTRON BEAM INSPECTION DEVICE**

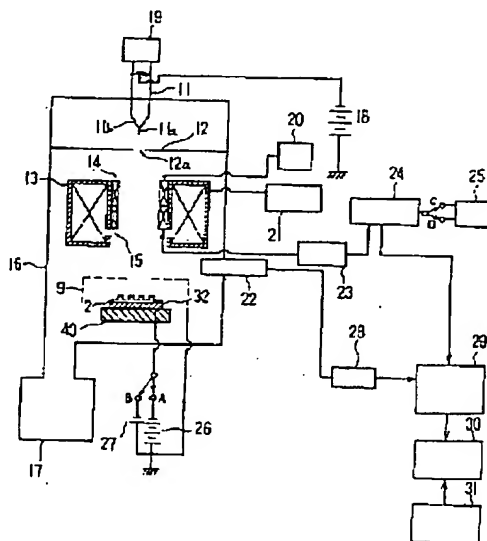
film on the sample 32 can be inspected.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To inspect the size and number of defects in an insulating film on a sample by a method wherein information on the sample having the insulating film to be inspected the defects therein and a secondary charged particle image obtained by an image detecting means are compared with each other and the compared result is outputted to a display.

**SOLUTION:** An electron beam generated in a field radiation cathode 11 is made to scan a sample 32 to emit and a secondary charged particle image, which is generated from the emitted sample 22, is detected by a secondary electronic detector 22 and is captured and collected. The captured and collected secondary charged particle image and pattern information of either of pattern information in the case where the electron beam energy of the sample 32 from a storage device 31 is high and pattern information in the case where the electron beam energy of the sample 32 from the device 31 is low are compared with each other using a comparator 30 and the compared result is outputted to a display 29. Thereby, the size and number of defects in an insulating



( 9 )

(19) 日本国特許庁 ( J P )

(12) 公 開 特 許 公 報 ( A )

(11) 特許出願公開番号

特開平9-219427

(43) 公開日 平成9年(1997)8月19日

(51) Int.Cl. <sup>a</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/66			H 0 1 L 21/66	K J Q
G 0 1 N 23/225			G 0 1 N 23/225	
G 0 1 R 31/26			G 0 1 R 31/26	J

審査請求 有 発明の数 1 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-7989  
(62) 分割の表示 特願平6-210991の分割  
(22) 出願日 昭和58年(1983)2月25日

(71) 出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72) 発明者 細木 茂行  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72) 発明者 市橋 幹雄  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72) 発明者 和田 恭雄  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(74) 代理人 弁理士 中村 純之助

最終頁に続く

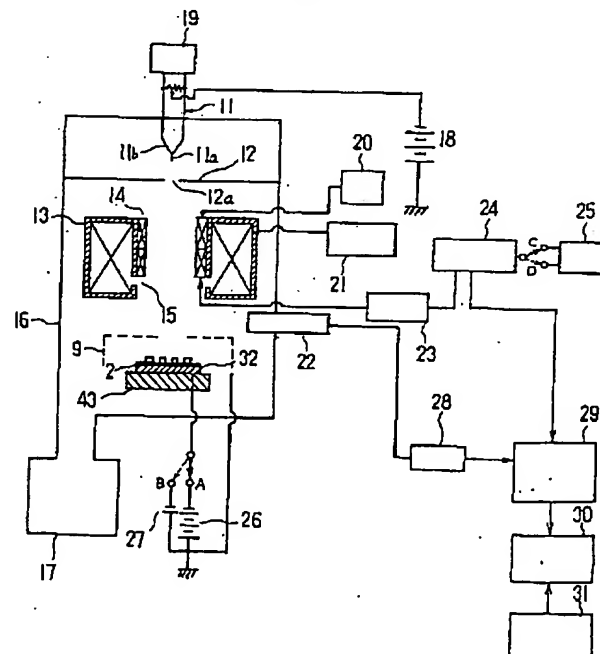
(54) 【発明の名称】 電子ビーム検査装置

(57) 【要約】

【課題】 電子ビームの微小なスポット径に対応する試料の0.1  $\mu$ m程度の微細な欠陥箇所を検知する。

【解決手段】 電界放射陰極11と、照射手段と、像検出手段と、試料32の情報を記憶する記憶手段31と、該情報と前記像検出手段で得られた2次荷電粒子像とを比較する比較手段30と、該比較手段30で比較した結果を出力する出力手段29とを備えた構成。

図 6



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】電界放射陰極と、

照射手段と、

像検出手段と、

試料の情報を記憶する記憶手段と、

該情報と前記像検出手段で得られた2次荷電粒子像とを

比較する比較手段と、

該比較手段で比較した結果を出力する出力手段とを備えたことを特徴とする電子ビーム検査装置。

【請求項2】前記試料の情報は、予め入力されたパターンであることを特徴とする請求項1記載の電子ビーム検査装置。

【請求項3】前記試料の情報は、前記像検出手段で検出された第2の2次荷電粒子像であることを特徴とする請求項1記載の電子ビーム検査装置。

【請求項4】前記出力手段が前記2次荷電粒子像を表示する画像表示器であることを特徴とする請求項1記載の電子ビーム検査装置。

【請求項5】前記電界放射陰極は軸方位〈100〉の単結晶の尖針を具備することを特徴とする請求項1記載の電子ビーム検査装置。

【請求項6】前記電界放射陰極は軸方位〈310〉の単結晶の尖針を具備することを特徴とする請求項1記載の電子ビーム検査装置。

【請求項7】前記電界放射陰極が熱電界放射陰極であることを特徴とする請求項1記載の電子ビーム検査装置。

【請求項8】前記比較結果に基いて表示する表示手段を具備することを特徴とする請求項1記載の電子ビーム検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電子ビームを用いて、絶縁膜の欠陥を検査する絶縁膜の観察方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】図1（イ）は検査すべき絶縁膜を有する試料の断面図で、1は金属または半導体からなる基板、2は絶縁膜、3は絶縁膜2上に任意の形状に孤立して形成された金属または半導体である。図示のような試料は、いわば半導体集積回路等の製造プロセスの途中にある試料である。

【0003】図1（ロ）は図1（イ）で示したような試料の絶縁膜2の欠陥を検査する装置の概略斜視図で、4は先端の直径が20 $\mu$ m程度の金属探針、5は電圧計、6は電流計、7は直流電源である。このような構成の検査装置において、直流電源7により絶縁膜2の耐圧電圧未満の電圧を印加し、金属探針4を金属または半導体3に接触させて、絶縁膜2の絶縁性を電圧計5および電流計6によって測定する。

【0004】

2

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような検査装置にあつては、金属探針4の機械的接触による限界から、金属または半導体3の二次的大きさはおよそ100 $\mu$ m四方以上に制限される。すなわち、金属または半導体3の大きさが金属探針4の先端直径の20 $\mu$ m以下では、測定はまったく不可能である。

【0005】図1（ハ）は、金属または半導体からなる基板1に絶縁膜2のみが形成された試料の絶縁膜2の欠陥検査装置を示す断面図で、この検査装置においては、（Ca、In）合金などの融点が低い金属8を絶縁膜2上に押え付け、直流電源7により電圧を印加し、電圧計5、電流計6によって絶縁膜2の絶縁性を測定する。しかし、この検査装置は、絶縁膜2の平均的な絶縁性を検査するものであり、絶縁膜2の欠陥の大きさ、数等を知ることにはできない。

【0006】なお、半導体集積回路等の内部に形成される個々の素子、配線パターン形状は、現在すでにミクロンオーダーに達しており、これらの微細化はさらに進行しつつある。

【0007】しかしながら、前述のように、従来の絶縁膜の欠陥検査装置においては、欠陥の大きさ、数等の微細な欠陥は摘出することはできない。したがって、このことは素子完成後の歩留りを悪くする一因になっている。

【0008】本発明は、上記のような従来技術の実情に鑑みてなされたもので、その目的は、絶縁膜の欠陥の大きさ、数を検査することができる絶縁膜の観察方法および装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】金属探針を用いて絶縁性を検査するのは、前述のように限界にあり、他の方法によらなければならない。

【0010】ところで、細く収束した電子ビームを検査すべき試料上で走査し、この照射される電子ビームにより該試料から発生する二次電子によって、ブラウン管画面上に像を表示する走査形電子顕微鏡（以下SEMと称す；Scanning Electron Microscope）がある。このSEMは、試料の微細な表面形状の観察をするもので、通常のSEMで上記目的を達成することは不可能である。一般に、SEMの試料への入射電子エネルギーとしては10～30keV程度が用いられ、特に低いものでも3keV程度である。このように高いエネルギーの電子を絶縁膜に照射すると、後で詳しく述べるように該絶縁膜上にチャージ・アップが起きて電子ビームが振られてしまい、正確な像を得ることができない。また、単純にSEMの電子ビームエネルギーをもつと低下させた場合は、上記チャージ・アップ現象を低減することはできないにしても本質的には該現象が生ずること、および、一般に加速電圧を下げると電子光学的理由により電子線源の輝度が低下するため、二次電子像のS-N比が悪くなり、表

50

示画面を鮮明に観察することが困難となること、などの理由によって、従来絶縁膜の欠陥に対応した情報を得ることはできていない。

【0011】一方、SEMによって半導体試料を観察すると、高エネルギー電子の照射により半導体の損傷が起きていることが知られており、試料を破壊しないで観察するために、電子ビームの低エネルギー化が望まれている。

【0012】前述の目的を達成するために、本発明の絶縁膜の観察方法は、電子ビームを収束し、検査すべき絶縁膜を有する試料上に前記電子ビームを走査し、前記電子ビームを照射して前記絶縁膜の欠陥を検査する絶縁膜の観察方法において、電子が前記絶縁膜を等価的に透過する入射速度の前記電子ビームを照射して前記絶縁膜から発生する二次電子を検出することによりパターン形状を検査し、電子が前記絶縁膜を等価的に透過しない入射速度の前記電子ビームを照射して前記絶縁膜から発生する二次電子を検出し、かつ、前記パターンの形状と比較することにより前記絶縁膜の欠陥を検査することを特徴とする。

【0013】また、本発明の絶縁膜の観察装置は、電子ビームを収束する収束手段と、欠陥を検査すべき絶縁膜を有する試料上に前記電子ビームを走査する偏向手段と、電子が前記絶縁膜を等価的に透過する入射速度と等価的に透過しない入射速度の電子ビームを照射して前記絶縁膜から発生する二次電子を検出する検出器とを具備することを特徴とする。

【0014】また、前記電子ビームの前記試料への入射速度を、電子が前記絶縁膜を等価的に透過する値まで減速する第1の減速電源と、前記電子ビームの前記試料への入射速度を、電子が前記絶縁膜を等価的に透過しない値まで減速する第2の減速電源と、前記第1の減速電源と前記第2の減速電源とを切り換える第1のスイッチとを有することを特徴とする。

【0015】また、電子が前記絶縁膜を等価的に透過する入射速度の電子ビームを照射して前記絶縁膜から二次電子を発生させ、前記検出器により検出した二次電子像の倍率と、電子が前記絶縁膜を等価的に透過しない入射速度の電子ビームを照射して前記絶縁膜から二次電子を発生させ、前記検出器により検出した二次電子像の倍率とをほぼ同一倍率で比較する倍率補正器を有することを特徴とする。

【0016】また、前記第1のスイッチの切り換えに合わせて切り換える前記倍率補正器の第2のスイッチを有することを特徴とする。

【0017】また、前記試料の前記電子ビームの照射面に対向して配置した補助電極を有することを特徴とする。

【0018】さらに、検査すべき前記絶縁膜の上面に、金属膜、半導体膜の少なくとも一方を選択的に有することを特徴とする。

#### 【0019】

【作用】本発明は、低エネルギーの電子ビームを用いて、微細な絶縁膜、半導体膜、金属膜等の種々の薄膜の欠陥の大きさ、数等に対応する情報を得るもので、以下、その原理について説明する。

【0020】まず、例えば、絶縁膜の厚さおよび入射電子エネルギーを具体的に示すため、金属または半導体の基板1（図1）としてSi単結晶板、絶縁膜2としてこのSi単結晶板を熱酸化して得られるSiO<sub>2</sub>膜を考え

る。

【0021】図2は、この絶縁膜としてのSiO<sub>2</sub>膜へ入射する電子ビームエネルギー（eV）と、電子の最大侵入深さR<sub>max</sub>（Å）との関係を示すグラフである

（引用文献：H. J. Fitting, Phys. Status Solidi 226, p. 525 (1974)）。この電子の最大侵入深さとは、絶縁膜への入射電子すなわち一次電子が多重散乱をしてエネルギー損失し、エネルギーまたは速度的に拡散領域に達するまでの電子の侵入領域（深さ）すなわち等価的な透過領域のことである。この等価的というのは、ある一つの入射電子が絶縁膜をそのまま通り抜ける意味での透過のみを指すのではなく、複数電子との衝突により入射電子そのものではなく他の電子が透過することを含める。図2のグラフにおいて、例えば、電子が100ÅのSiO<sub>2</sub>膜を透過してSi基板1に達するには300eV以上のエネルギーで電子ビームを照射しなければならないことがわかる。

【0022】一方、試料表面で入射電子ビームすなわち一次電子により励起される二次電子の放射効率も一次電子エネルギーに依存している。なお、二次電子放射効率 $\delta$ （E）は、一次電子数N<sub>p</sub>に対する二次電子数N<sub>s</sub>の比で示される（ $\delta$ （E）=N<sub>s</sub>/N<sub>p</sub>）。図3は一次電子ビームエネルギーE（eV）と二次電子放射効率 $\delta$ （E）との関係を示すグラフで、AはSiO<sub>2</sub>、BはPoly-Siに対する値を示す（引用文献：R. Kouath, Handbuch der Physik XXI, p. 232 (1956)）。

【0023】図4（イ）～（ホ）は、Si基板1上にSiO<sub>2</sub>絶縁膜2が形成された試料について、一次電子e<sub>p</sub>に対する二次電子e<sub>s</sub>および該試料内部への散乱電子e<sub>d</sub>の振舞いを模型的に示す図である。

【0024】図4（イ）に示すように、例えば100Åの厚さのSiO<sub>2</sub>絶縁膜2を考えると、一次電子e<sub>p</sub>が300eV以上で加速された電子であれば、基板1へ到達する散乱電子e<sub>d</sub>が存在するため、いわゆる“電子ビーム誘起電導性（Electron beam induced conductivity）”の現象に基づき、SiO<sub>2</sub>絶縁膜2表面の電位は基板1の電位にほとんど等しくなり、絶縁膜2の表面にチャージ・アップは起きない。

【0025】図4（ロ）は、一次電子e<sub>p</sub>が300eV以下でかつ二次電子放射効率 $\delta$ （E）が1以上となる300eV以上で加速された電子の場合を示す。N<sub>p</sub>（一次

電子 $e_p$ の個数)よりも $N_s$ (二次電子 $e_s$ の個数)の方が多いため、図4(イ)の場合のように散乱電子 $e_s$ のリークがないので、絶縁膜2の表面は正の電荷が増大しチャージ・アップの状態となる。なお、このチャージ・アップは時間の経過とともに増大する。

【0026】図4(ロ)におけるチャージ・アップを防止するには、図4(ハ)に示すように、試料上の空間の該試料の電子ビーム照射面に対向して、金属メッシュ等からなる補助電極9を設け、この補助電極9と基板1との間に直流電源10を接続し、補助電極9に電位を与える。発生した二次電子のうち比較的エネルギーの高いものは、補助電極9に入射するか、補助電極9を通過して試料表面の情報を持って二次電子検出器(図示せず)に到達する。また、エネルギーの非常に低い電子は試料表面へ逆戻りする。このような構成では、絶縁膜2の表面と基板1との間には等価回路的にわずかなリーク電流があることになり、絶縁膜2の表面の電位は、平衡状態として基板1よりも僅かに正の側の電位を持つ。なお、図示のように、直流電源10は基板1の側を負、補助電極9の側を正としてあるが、直流電源10の電位の比較的小さい場合は、正負が逆でも良く、また直流電源10は抵抗と置き換えても原理的には等しい。しかし、実用上は図示のような接続が、二次電子の捕集量を高める上で都合良い。

【0027】図4(ニ)に示すように、図4(ロ)または(ハ)と同じ条件で、絶縁膜2に欠陥がある場合、具体的には絶縁膜2にピン・ホールがあるか、もしくは完全な孔となっていなくても、絶縁膜2が一部薄い場合は、その欠陥部分では等価的に図4(イ)と同様になる。すなわち、欠陥部分の表面電位は基板1と同電位になる。

【0028】上記図4(ロ)～(ニ)は、二次電子放射効率 $\delta(E)^*$ が1以上の場合であったが、 $\delta(E) < 1$ の場合について図4(ホ)に示す。図3においては、一次電子ビームエネルギーが2300eV以上かあるいは30eV以下で加速された場合である。まず2300eV以上の場合、散乱電子 $e_s$ が基板1に達するときは $\delta(E)$ が異なることによる発生二次電子数の割合が少ないだけで図4(イ)と同様である。しかし、絶縁膜2が厚くて、散乱電子 $e_s$ が基板1に到達することができない場合、入射する一次電子数 $N_p$ が、放出される二次電子数 $N_s$ よりも大なので、図4(ロ)とは逆に、絶縁膜2の表面は負の電荷が増してチャージ・アップを起こす。しかし、この場合には、図4(ハ)のように補助電極9を付加しても、このチャージ・アップは負電位なので防止することはできず、したがって絶縁膜2の表面電位を一定値に保つことは不可能である。また、後者の30eV以下でも、絶縁膜2の厚さが異なるだけで、現象は上記と同様である。その厚さとは、図2の外挿によれば10Å以下という極めて薄いものであり、通常絶縁膜

としては用いることのない領域である。

【0029】以上を整理して記すと次のようになる。

【0030】(1)入射する一次電子 $e_p$ のエネルギーが高く、散乱電子 $e_s$ が絶縁膜2を等価的に透過して基板1に達する場合、絶縁膜2の表面電位は基板1の電位にほぼ等しい(図4(イ))。

【0031】(2)一次電子 $e_p$ のエネルギーが低く、散乱電子 $e_s$ が基板1を等価的に透過しない程度で、かつ絶縁膜2からの二次電子発生効率 $\delta(E)$ が1より大である場合、絶縁膜2の表面電位は補助電極9を用いることによって、基板1の電位より正である平衡状態に保たれた電位を示す(図4(ロ)、(ハ))。

【0032】(3)上記(2)の場合において絶縁膜2にピンホール等の欠陥があれば、その欠陥箇所表面電位は、基板1の電位か、該電位にほぼ等しい電位を示す(図4(ニ))。

【0033】(4)一次電子 $e_p$ が絶縁膜2を等価的に透過せず、かつ絶縁膜2からの二次電子発生効率 $\delta(E)$ が1より小である場合、絶縁膜2の表面電位は負の側に変化し平衡状態に達することができない(図4(ホ))。

【0034】このような試料表面に、一次電子 $e_p$ が絶縁膜2を等価的に透過しないエネルギーの一次電子ビームを走査し、それにより発生する二次電子信号を検出すると、表面電位の差に基づく二次電子収量の差が敏感に反映されるため、上記(2)および(3)の原理を利用することにより、絶縁膜2の欠陥箇所と正常な部分を表面電位の差として検出して区別することができる。

【0035】図5は、絶縁膜2の上に孤立して金属または半導体3、例えばPoly-Siが形成されている試料を検査する場合の本発明の原理を示す図で、9は補助電極、10は直流電源である。このような試料において、絶縁膜2上の金属または半導体3の電位は、近傍の絶縁膜2の表面電位と等しくなるため、金属または半導体3の表面電位を表わす二次電子を検出することによって、その絶縁性を知ることができる。ただし、二次電子の収量そのものは、金属または半導体3に対するものとなる(図3参照)。

【0036】なお、上記の説明では、検査すべき薄膜として絶縁膜を例に挙げて説明したが、抵抗が約1MΩ以下の導体を除く、基体上に設けた絶縁膜、金属膜、半導体膜等、種々の薄膜を検査することができる。また、表面に存在する薄膜のみならず、中間に存在する薄膜をも検査することができる。また、基体も、該基体表面に設ける薄膜との組み合わせによるが、半導体、金属、絶縁物等何でもよい。例えば、絶縁物基板の場合は、表面薄膜は半導体、金属となる。

【0037】

【実施例】以下、本発明の実施例を図6～9に基づいて説明する。

7

【0038】図6は、本発明の第1の実施例の電子ビーム検査装置の概略ブロック図である。この図において、11は電子ビーム源となる電界放射陰極で、尖針11aとこれに接合されたWフィラメント11bからなる。18は-1kV程度の直流高電圧の電源で、電界放射陰極11に電界放射のための電位を与える。19はフィラメント11bを通電加熱し1100℃近傍に保つための電源である。12はアノード、12aはアノード12の絞り孔で、電界放射陰極11からは電子が放射角 $1/4$ rad程度で絞り孔12aに放射される。13はアノード12の絞り孔12aを通過した電子ビーム束を収束するための収束手段すなわち磁気収束レンズ、21は磁気収束レンズの電源である。14は非点収差補正コイル、20は非点収差補正コイル14の電源、15は電子ビームを走査するための偏向手段すなわち偏向コイル、23は偏向コイル15の電源、16は電子光学系鏡体、17はイオンポンプを含む排気手段、32は磁気収束レンズ13により収束された電子ビームが照射される絶縁膜2を持つ試料（ここでは図5に示した試料）、43は試料台、9は試料32の上方周囲に配置された金属メッシュからなる補助電極、26、27は電源で、試料32および補助電極9に電圧を与えることにより、電界放射陰極11から照射される電子ビームの速度を所定の値まで減速する減速手段となる。なお、電源26、27は、それぞれスイッチAおよびBによって切換え可能になっている。

【0039】22は電子ビームの照射により試料32から発生する二次電子を捕集する二次電子検出器、28は増幅器、29は絶縁膜2の欠陥に対応する情報信号を表示するブラウン管を含む表示器である。

【0040】24は発振器、25は倍率補正器、30は比較器、31はパターン発生器であり、これらについては後で詳述する。なお、二次電子検出器22、電源23、発振器24、倍率補正器25、増幅器28、表示器29、比較器30、パターン発生器31により表示手段が構成されている。

【0041】以上、本発明の第1の実施例の各構成部分について一とおり説明したが、次に上記電界放射陰極11についてさらに説明を加える。つまり、本発明を実施するに当たって一つの重要な点は、前述のように、絶縁膜2を透過しない程度のエネルギーの電子ビームを用いることである。絶縁膜2が薄い程、エネルギーの低い電子ビームを用いなければならない。ところが、前述のごとく電子光学の原則によって、一般にエネルギーが低ければ電子ビームの輝度は低くなる。低速電子ビームにおいては、できる限り小さい電子ビームのスポット径を得るには、電子ビーム源となる陰極に高輝度のものを用いる必要がある。

【0042】本実施例の電界放射陰極11は、軸方位<100>の単結晶タングステンW線から電界研磨して尖

8

針11aを形成したもので、酸素を介してチタンTiの単原子層の吸着状態を長時間加熱状態で維持できる熱電界放射陰極である。この陰極は尖針表面において仕事関数がWより低いため、同じ曲率半径のW尖針と比較して、低い電圧で同様の電子ビーム電流が得られる。なお、通常のW尖針では、尖針の表面清浄化のためにフラッシングという瞬間高温加熱を行なうが、この操作のために尖針の先端曲率半径を当初非常に小さくしても、加熱による影響で先端が鈍化してしまう。これに対して、本実施例のTi吸着型の電界放射陰極11は、高温のフラッシング操作が不要であり、前述の尖針表面の仕事関数が小さいことと合わせて、1kV程度の低い電圧で電界放射が可能であり、また低い加速電圧にもかかわらず電界放射であるために高輝度である。なお、このような理由により、電源18は-1kV程度の直流高電圧電源を用いる。

【0043】次に、本実施例において試料32に入射する電子ビームのエネルギー（速度）が必要な値すなわち、電子が試料32の絶縁膜2を等価的に透過しない値に減速する原理について説明する。すなわち、電源18の電圧が前述のように-1kVであり、かつ試料32の電位が鏡体16と同じ接地電位である場合、電界放射陰極11からは1keVのエネルギーの電子ビームが試料32に入射する。ところが、試料32に図示のように設けた電子ビームの減速手段である電源26によって減速電位、例えば-900Vを与えると、試料32に入射する電子のエネルギーは100eVとなる。すなわち、電源26は減速電圧として例えば前述の-900Vに設定してあり、スイッチAを操作することにより電子が試料32の絶縁膜2を等価的に透過しない値まで電子エネルギーの速度を減速する。また、電源27は電子が絶縁膜2を透過する電圧例えば-200Vに設定してあり、したがって試料32に入射する電子ビームのエネルギーは800eVとなる。

【0044】上記のように構成した本発明の第1の実施例の電子ビーム検査装置において、その動作を説明する。減速手段である電源26により必要な速度まで減速された電子ビームが試料32上に照射されると、二次電子が発生するが、そのうち補助電極9を通過したもの的一部または大部分は二次電子検出器22に捕集される。それにより二次電子検出器22から出力する検出電流は、増幅器28によって増幅され、表示器29に入力される。また、発振器24によって作られる偏向信号は、電源23により増幅され、電子ビームを走査する偏向コイル15に与えられる。なお、発振器24の偏向信号は、表示器29にも同期して与えられ、後に詳しく述べる二次元輝度変調表示、あるいは線状表示等の絶縁膜2の欠陥に対応する情報信号が表示器29に表示される。

【0045】次に、本実施例の表示手段による一つの表示例（上記二次元輝度変調表示）およびその表示による



測定結果を図7 (イ) に基づいて説明する。図7 (イ) は、図6で示した本発明の第1の実施例の電子ビーム検査装置の表示器29の画面に表示された二次電子像を示す図である。試料32の断面構造は図5に示したものと同様であり、基板1はSi単結晶板、絶縁膜2は膜厚200ÅのSiO<sub>2</sub>、金属または半導体3は膜厚3500ÅのPoly-Siである。さらに詳しくいえば、この試料はPoly-Siが幅1μmの線状に3μm間隔で、いわゆるライン・アンド・スペースで構成された試料である。図2にもとづいて200ÅのSiO<sub>2</sub>膜を透過しない電子ビームのエネルギーは500eV以下であるので、100eVの電子ビームを用いる。図7 (イ) は、試料32aへの入射エネルギーが100eV (スイッチA) の場合に表示器29の画面に表示された二次電子像で、前に図3をもとに説明した二次電子発生効率の差から、Poly-Siの部分が黒く (二次電子信号が弱い)、バックグラウンドである絶縁膜SiO<sub>2</sub>の部分が白く (二次電子信号が強い) 見える。なお、この図7 (イ) では、矢印で示した他と較べて白っぽいラインの箇所があり、その部分の絶縁膜に欠陥があることを明白にしている。なお、図7 (ロ) については、後で述べる。

【0046】なお、絶縁膜2の欠陥箇所の解析は、図7 (イ) の表示例で示した試料のようにパターン of 単純なもの、あるいは予めパターンが明確にわかっているものについては、表示器29の画面を目視することによって判断できるが、複雑なパターンの場合には、図6に示したように予め入力されたパターンを発生するパターン発生器31および比較器30を用いて、表示器29に現われる情報と比較することにより、欠陥箇所を知ることができる。

【0047】また、パターン未知の試料における絶縁膜の欠陥箇所の解析方法について図7 (ロ) をもとに説明する。すなわち、図6においてスイッチBを操作することにより、例えば-200Vに設定された電源27により試料32に減速電圧を与える。すると、この試料32に入射する電子ビームのエネルギーは800eVとなり、図2に基づいて500eV以上であるので電子は試料32の絶縁膜2を透過する。ただし、図3に基づいて2300V以下であるのでチャージ・アップは起こさない。図7 (ロ) は、電子ビームの減速電圧が電源27により上記のように設定された場合に、表示器29の画面に表示された二次電子像を示す図であり、前述の図7 (イ) と同一試料の同一部分の二次電子像を示す。すなわち、図7 (ロ) において、欠陥箇所は見えず、試料にもともと形成されているパターンの外形の情報のみを示している。このように、欠陥箇所を見るには、電子が絶縁膜を等価的に透過しないように設定された電源26を用い、試料のパターンを見るには、電子が絶縁膜を透過するように設定された電源27を用いる。したがって、

パターン未知の試料に対しては、スイッチAとBを切換えることによって表示器29に現われる2つの二次電子像を比較することによって、欠陥箇所の判定が可能である。なお、この際、100eVと800eVの試料32の入射エネルギーの差によって表示器29の画面に現われる像の倍率が異なってくる。したがって、同一倍率で比較ができるように倍率補正器25を用い、それぞれスイッチCとDを電源26および27の切り換えに合わせて切り換える。このようにすることにより、図7 (イ)、(ロ) の像を表示器29の画面において、等しい倍率で比較することができる。

【0048】さらに、上記のパターン発生器31の代りに、電子ビームエネルギーの高い場合と低い場合のいずれかのパターン情報を記憶する記憶装置31を設置し、記憶装置31および比較器30を用いて表示器29に欠陥箇所の表示を行なうことができる。

【0049】図8は、本発明の第2の実施例の電子ビーム検査装置の概略ブロック図である。図において、33は熱陰極、34はウェーネルト電極、35は電源、26は電子ビームの減速手段である電源、その他図6で示した第1の実施例同符号のものは同一部材を示す。熱陰極33は、第1の実施例の電界放射陰極11と比較して輝度が低い、低加速電圧を印加して用いるとさらに輝度が低下する。ここで、輝度の値を重視するのは、収束された電子ビームのスポット径をできるだけ小さくし、しかもできるだけ大きい電流を得るためである。したがって、このことを考慮すると、目的によっては熱陰極も低加速電圧で使用できるといえる。すなわち、スポット径がそれ程小さくなくても欠陥検査の機能を果す場合は充分にある。本実施例では熱陰極の中で最も高い輝度を持つ直熱型の六硼化ランタン (LaB<sub>6</sub>) 陰極を使用している。

【0050】このような構成の第2の実施例の電子ビーム検出装置において、熱陰極33を電源19によって加熱し、1600℃程度に保つ。そして、ウェーネルト電極34に電源35により熱陰極33の電位に対して負電位を印加し、かつ直流高電圧の電源18によって熱陰極33に電圧を印加すると、ウェーネルト電極34とアノード12間に図示のようなクロスオーバーEを作って電子ビームが放射される。なお、電源18に-1kV程度の電源を用いると試料に印加される電位は、図6で示した第1の実施例と同様になる。また、この第2の実施例も図示は省略したが第1の実施例と同様の表示手段等が接続されるものであり、その機能も同様であるので説明は省略する。

【0051】図9は本発明の第3の実施例の電子ビーム検査装置の概略ブロック図である。図において、11は電界放射陰極、37は第1アノード、38は第2アノード、39は第3アノード、40、41、42、36は電源で41、42が電子ビームの減速手段の電源、その他



11

図6、図8と同符号のものは同一部材を示す。なお、本実施例は、陰極として軸方位<310>のW電界放射陰極を用いた場合である。この電界放射陰極11は、電界放射電圧として3〜6kV程度であり、第1アノード37との間に電源40によって印加される電圧によって電子ビームを放射する。なお、本実施例において試料32に入射するエネルギーは、(電源41の電圧)で定められる。すなわち、本実施例は、第1アノード37、第2アノード38および第3アノード39の組み合わせで、電子ビームの減速作用と静電レンズ作用を行なわせるものである。なお、試料32は接地電位とし、補助電極9には電源36によって最適な電位を与える。他の構成および機能は図6の第1の実施例と同様なので説明は省略する。

【0052】なお、本発明の原理の説明および実施例において、基板1としてはSi単結晶板、絶縁膜2としては $\text{SiO}_2$ 、また絶縁膜2上に孤立して形成される金属または半導体3としてはPoly-Siを用いて説明したが、他の物質の場合でも本発明の効果は変りない。

【0053】また、上記実施例では、電子ビームの入射速度を電子が検査すべき薄膜を等価的に透過しない値まで減速する手段として減速電源26を用いたが、電子ビームの入射速度を電子が検査すべき薄膜を等価的に透過しない値にあらかじめ設定しておけば、減速電源26は不要である。

【0054】さらに、上記実施例では、試料表面のチャージ・アップを防止するために、補助電極9、電源26、27、36を設けたが、収束レンズおよび試料との間の構成によっては、チャージの適度なバランスがとれ、チャージ・アップが防止できる場合があり、この場合には当然それらは不要である。

【0055】

【発明の効果】本発明によれば、絶縁膜を有する種々の試料について、従来検査することができなかった絶縁膜の欠陥の大きさ、数等を検知することができる。また、

12

従来は機械的接触により検査していたものを本発明は検査すべき絶縁膜を電子が等価的に透過しない電子ビームを用いて非接触で検査を行なうので、脆弱な半導体試料に対しても無損傷で検査することができる。したがって、製造プロセスの途中で検査すべき素子の検査を行なうことができ、検査終了後後続の製造プロセスを継続することが可能である。さらに、本発明は電子ビームの微小なスポット径に対応する0.1 $\mu\text{m}$ 程度の微細な欠陥箇所をも検知することができる。このように、本発明の効果は顕著である。

【図面の簡単な説明】

【図1】(イ)は検査すべき試料の断面図、(ロ)、(ハ)は従来の検査装置の概略図である。

【図2】 $\text{SiO}_2$ 絶縁膜への入射電子ビームエネルギーと電子の最大侵入深さとの関係を示すグラフである。

【図3】電子ビームエネルギーと二次電子放射効率との関係を示すグラフである。

【図4】(イ)〜(ホ)は本発明の原理を説明する断面模型図である。

【図5】本発明の原理を説明する断面模型図である。

【図6】本発明の第1実施例の電子ビーム検査装置の概略ブロック図である。

【図7】(イ)、(ロ)は本発明の電子ビーム検査装置のブラウン管表示器の画面に写し出された試料の二次電子像の形状を示す図である。

【図8】本発明の第2実施例の電子ビーム検査装置の概略ブロック図である。

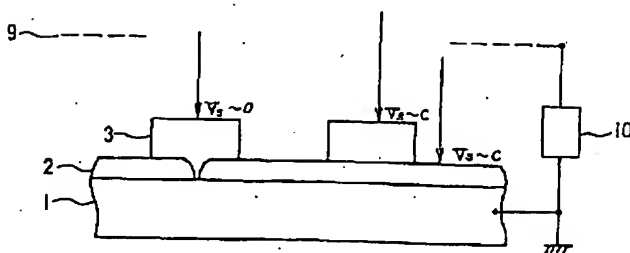
【図9】本発明の第3実施例の電子ビーム検査装置の概略ブロック図である。

【符号の説明】

2…絶縁膜、9…補助電極、11、33…陰極(電子ビーム源)、13…磁気収束レンズ(収束手段)、15…偏向コイル(偏向手段)、26、27、41、42…電源(減速手段)、29…表示器(表示手段)。

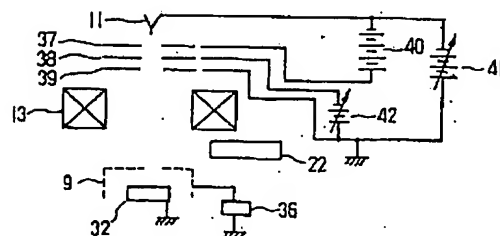
【図5】

図5



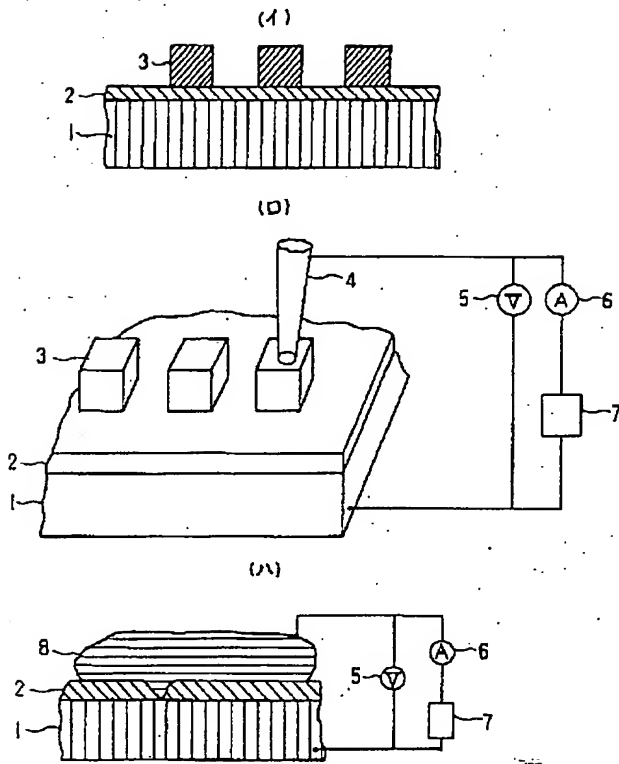
【図9】

図9



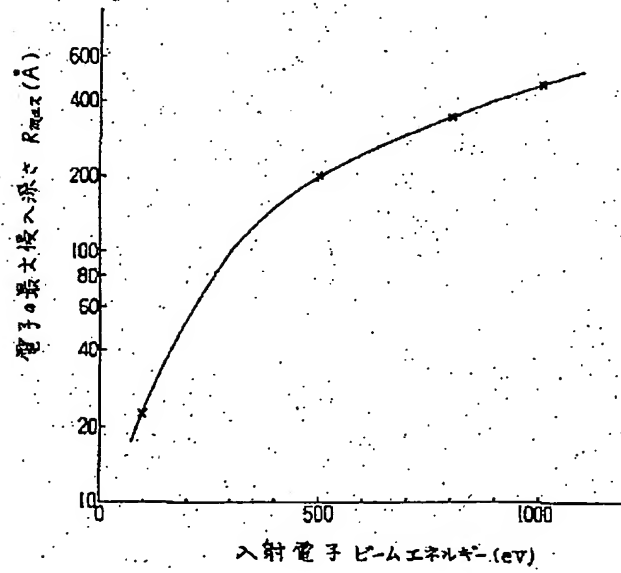
【図1】

図 1



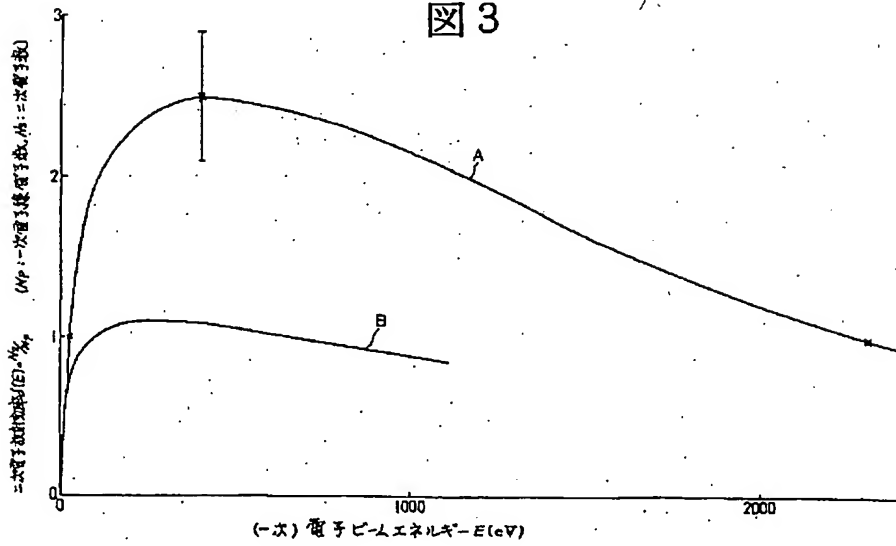
【図2】

図 2



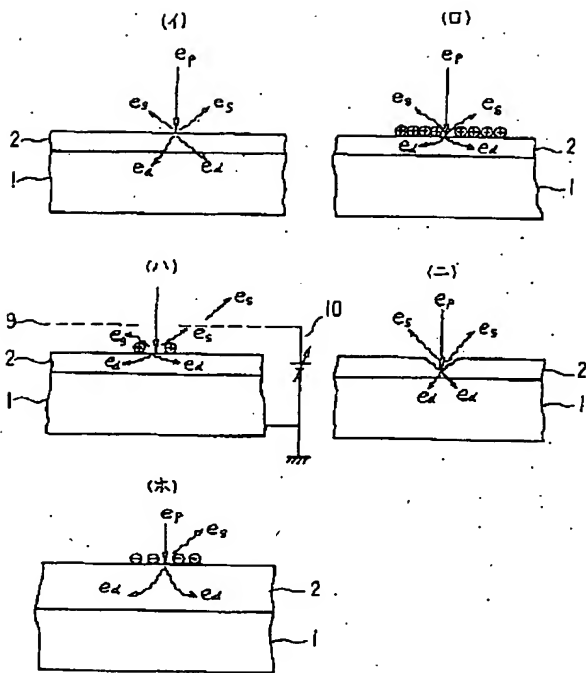
【図3】

図 3



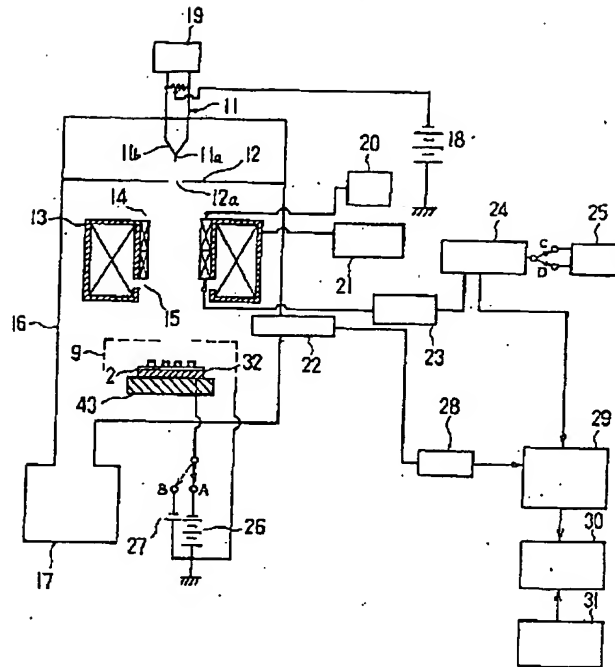
【図4】

図4



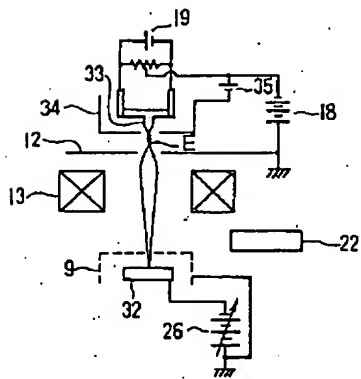
【図6】

図6



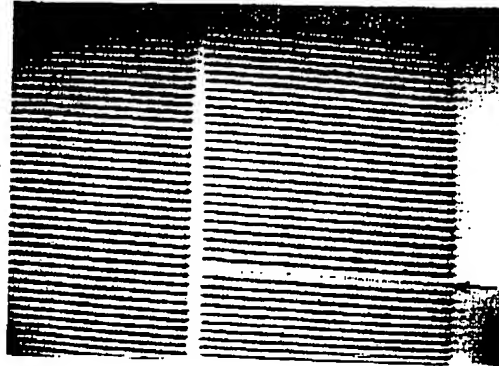
【図8】

図8

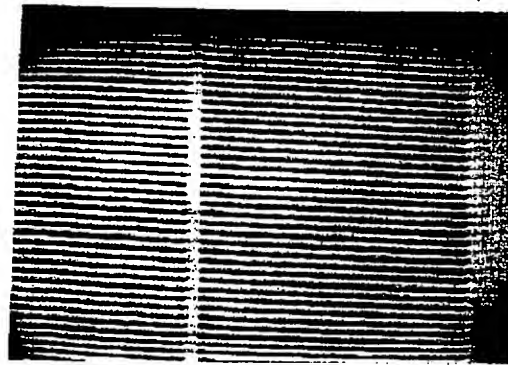


【図7】

図7 (イ)



(ロ)



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>8</sup>	識別記号	弁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 R 31/302			H 0 1 J 37/22	5 0 2 H
H 0 1 J 37/22	5 0 2		G 0 1 R 31/28	L

(72) 発明者 棟方 忠輔  
 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
 株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 本多 幸雄  
 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
 株式会社日立製作所中央研究所内



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **05258703 A**(43) Date of publication of application: **08 . 10 . 93**

(51) Int. Cl.

**H01J 37/20**  
**G03F 1/08**  
**H01J 37/28**

(21) Application number: **04124951**(22) Date of filing: **18 . 05 . 92**(30) Priority: **30 . 05 . 91 US 91 710351**(71) Applicant: **NIPPON K L EE KK**

(72) Inventor: **DAN MEISUBAAGAA**  
**ARAN DEII BURODEII**  
**KAATO CHIYADOUITSUKU**  
**ANIRU DESAI**  
**HANSU DOOSU**  
**DENISU ENJI**  
**JIYON GURIIN**  
**RARUFU JIYONSON**  
**KURISU KAAKU**  
**MIN II RIN**  
**JIYON MATSUMAATORI**  
**BARII BETSUKAA**  
**JIYON GIBIRISUKO**  
**REI POORU**  
**MAIKU ROBINSON**  
**POORU SANDORANDO**  
**RICHIYAADO SHIMONZU**  
**DEIBITSUDO II EE SUMISU**  
**JIYON TEIRAA**  
**RII BENEKURASEN**  
**DEIIN UORUTAASU**  
**POORU UIITSUOREKU**  
**SAMU UONGU**  
**EIPURIRU DEYUTSUTA**  
**SURENDORA RERE**  
**KAAKUUTSUDO RAFU**  
**HENRII PIAASU PAASHII**  
**JIYATSUKU WAI JIYAU**  
**JIESHII RIN**  
**HOI ZA GIYUIEN**  
**IEN JIEN OYANGU**  
**TEIMOSUII ERU HATSUCHIESON**

(54) **ELECTRON BEAM INSPECTION METHOD AND SYSTEM THEREOF**

## (57) Abstract:

**PURPOSE:** To automate inspection of a conductive substrate such as an X-ray mask by providing a charged particle beam means for scanning the substrate, a means for detecting at least one kind of generated charged particle, and an x-y stage for supporting the substrate.

**CONSTITUTION:** A mask 57 to be inspected is loaded in

an electron column 20 from a holder automatically positioned under the column 20 on an x-y stage 24, while being appropriately oriented, by a mask handler 34 controlled by a system computer 36. An operator, after coarse positioning by means of an optical alignment system 22, scans the mask 57 with an electron beam to observe an image on an image display 46 to store positioning related data in an alignment computer 21. Accordingly, succeeding positioning work can be automated. Defect processing is conducted based on data in a memory block 52 by a defect processor 56 connected to a post processor 58.

